

AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR HIDROCARBONETOS PROVENIENTES DE POSTO DE ABASTECIMENTO DE COMBUSTÍVEL NA VILA TUPI, PORTO VELHO (RO)

Homero Reis de Melo Junior¹ & Ana Carolina Zoppas Costi²

Resumo - O presente estudo trata da avaliação da contaminação das águas subterrâneas por hidrocarboneto na vila Tupi, município de Porto Velho (RO) através de posto de abastecimento de combustível.

Durante a execução do projeto foram instalados seis piezômetros na área para coleta de amostras de água e sedimentos, assim como para o monitoramento do nível estático. Para comprovar a fonte da contaminação foram utilizados mapas topográficos, mapas piezométricos, mapas de sentido do fluxo subterrâneo, testes de infiltração para determinar a condutividade hidráulica na zona não saturada; além de realizar-se análises químicas pra óleos/graxas e hidrocarbonetos nas amostras de água coletadas.

O nível estático na área varia entre 2,8 a 6,2 m de profundidade, a condutividade hidráulica dos sedimentos apresentou valores de 0,1434 m/dia e 0,127 m/dia. O sentido do fluxo subterrâneo é de SE para NW, ou seja, da BR-364 em direção a vila Tupi. Como o posto de abastecimento é topograficamente intermediário a ambos, o fluxo que passa pelo posto, segue em direção aos poços das residências da vila Tupi. Foram identificados valores entre 53 e 193 mg/l de óleos e graxas e 14 a 95 mg/l de hidrocarbonetos nas amostras de água coletadas.

Abstract - This research concerns an assessment of groundwater contamination by hydrocarbons in Tupi vile, Porto Velho municipality (RO) throughout fuel service post.

In the evaluation were built six pyezometers to collect water and sediments samples and to monitorate the water table. To comprove the contamination source were used topographic maps, pyezometric maps, groundwater flow maps, infiltration tests to determinate the hydraulic conductivity on vadose zone; beyond to analyze oil/grease and hydrocarbons in the collected water samples.

¹ CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Av. Lauro Sodré 2561 CEP: 78904-300 Porto Velho – RO. Fone: (69) 223-3544. E-mail: homero@pv.cprm.gov.br

² CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Av. Lauro Sodré 2561 CEP: 78904-300 Porto Velho – RO. Fone: (69) 223-3544. E-mail: anacarolina@pv.cprm.gov.br

The water table reaches 2.8 to 6.2 m depth, the hydraulic conductivity of sediments is about 0,1434 m/day and 0,127 m/day. The groundwater flow sense is from SE to NW, it means that the flow comes from BR-364 to Tupi vile passing through the fuel service post. Were identified oil/grease (53 - 193 mg/l) and hydrocarbons (14 - 95 mg/l) in the water samples collected.

Palavras-Chave - Águas Subterrâneas; Contaminação; Hidrocarbonetos; Posto de Abastecimento.

INTRODUÇÃO

Um dos mais freqüentes casos de contaminação de aquíferos em centros urbanos refere-se a tanques enterrados, o grande número de contaminações por postos de combustível decorre da grande quantidade de empreendimentos, da estocagem de produtos perigosos e altamente tóxicos, que mesmo em pequenas perdas causam potencialmente grandes plumas contaminantes, da dificuldade de detecção de vazamentos em tanques subterrâneos e da falta de fiscalização adequada.

Atualmente, recomenda-se que, em áreas de maior risco ambiental os tanques tradicionais sejam substituídos por tanques de paredes duplas, com detectores de fugas e poços de monitoramento.

Segundo dados da Petrobrás o consumo de gasolina e óleo diesel no Brasil vem crescendo a uma taxa de 5 a 10% ao ano, sendo que em 1998 o consumo destes combustíveis foi de 51,7 e 96,1 milhões de litros por dia, respectivamente (Finotti *et al.*, 2001 *apud* Uhly & Souza, 2004). Apesar disso, no Brasil, estudos relacionados à contaminantes por vazamentos de tanques subterrâneos armazenadores de combustível (TSAC) são relativamente recentes e concentrados principalmente nas regiões sul e sudeste do país (Uhly & Souza, 2004).

No estado de Rondônia, mais especificamente no município de Porto Velho, estudos dessa natureza são inéditos, uma vez que, os órgãos ambientais nunca desenvolveram pesquisas hidrogeológicas de detalhe, de caracterização da subsuperfície do meio físico, assim como de áreas de risco de contaminação. No entanto, a CPRM – Serviço Geológico do Brasil – vem desenvolvendo ao longo da última década estudos hidrogeológicos no Estado de Rondônia e Sul do Amazonas, enfocando principalmente a zona urbana do município de Porto Velho, onde vivem cerca de 273.709 habitantes segundo o IBGE (2000). Estas pesquisas buscaram caracterizar o principal sistema aquífero para abastecimento residencial na sede da capital, uma vez que, a Companhia de Água e Esgoto de Rondônia (CAERD) atende somente 126 mil habitantes com um serviço de abastecimento de água feito em dias alternados e de forma intermitente, e, somente 27 mil têm rede de esgotamento sanitário (CAERD, 1997). Desta forma, mais da metade dos habitantes ficam condicionados à utilização de poços para abastecimento e de fossas domésticas para disposição de dejetos. A utilização do conjunto poço x fossa é, portanto, a principal fonte de

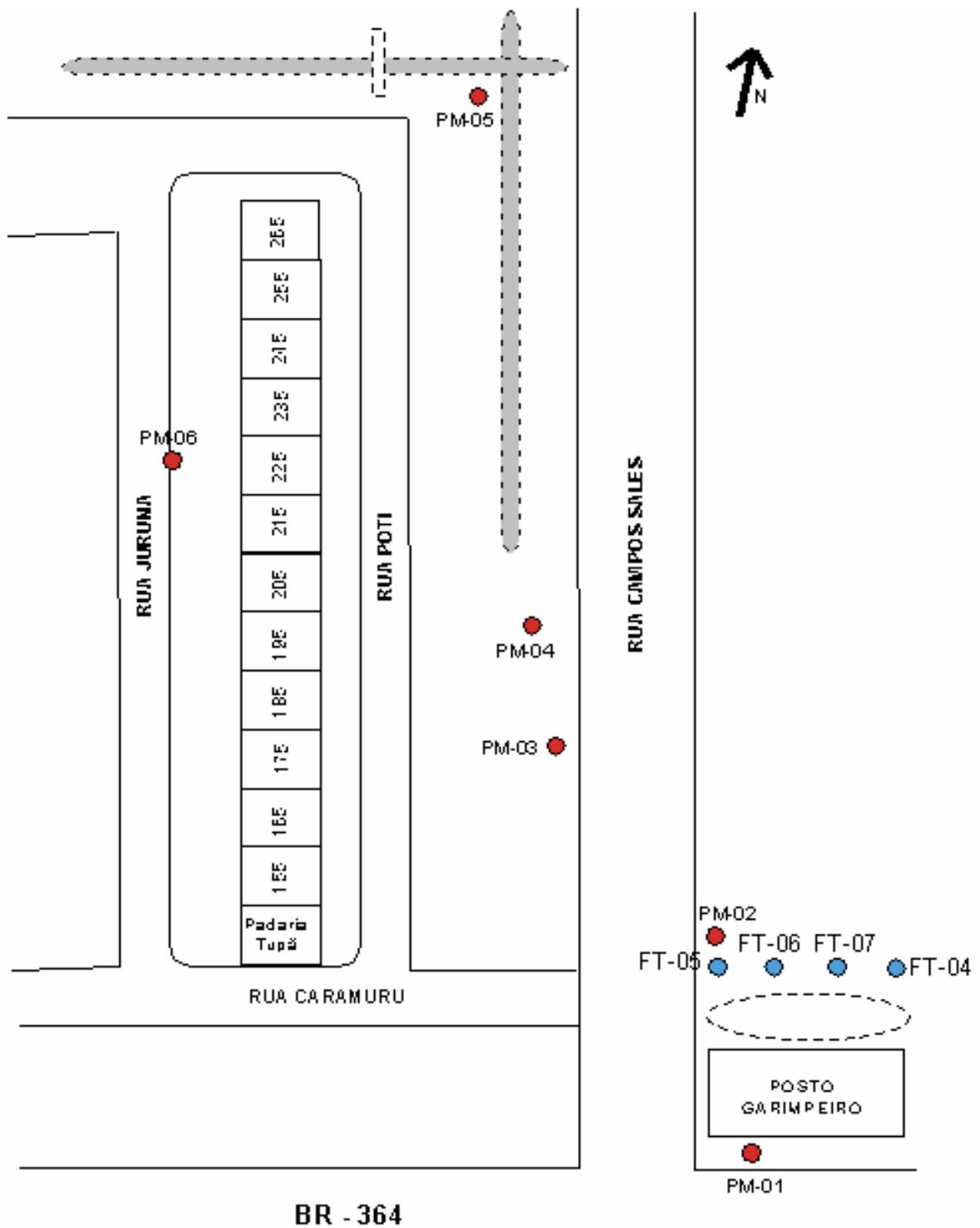
contaminação das águas subterrâneas na cidade de Porto Velho. Contudo, não pode se descartar a ameaça que os postos de abastecimento de combustível representam, uma vez que, estes em sua maioria foram implantados a mais de 15 anos sem nenhum tipo de fiscalização no momento de instalação dos tanques subterrâneos armazenadores de combustível (TSAC), além de, considerar a alta toxicidade dos compostos orgânicos presentes nos combustíveis, principalmente o benzeno, de comprovada ação cancerígena. Desta forma, uma avaliação do estado real desses tanques deve ser realizada pelos órgãos competentes.

Atendendo solicitação da Secretaria Estadual de Desenvolvimento Ambiental (SEDAM), o **Serviço Geológico do Brasil – CPRM** desenvolveu um estudo de avaliação da contaminação por combustível nas águas subterrâneas da vila Tupi, na sede do município de Porto Velho (RO) durante os meses de fevereiro, março e abril de 2004.

O estudo foi solicitado após a denúncia de moradores da vila Tupi (Foto 1) ao Ministério Público Estadual, assim como à própria SEDAM de que, a água dos poços residenciais apresentava um forte cheiro de combustível, proveniente provavelmente de um posto de abastecimento localizado a cerca de 150 metros de distância da vila.



Foto 1- Vista panorâmica da vila Tupi.



LEGENDA

- | | | |
|-------|-----------------------------------|---|
| PM-01 | ● Piezômetro | ● Poço de monitoramento do Posto Garimpeiro |
| (---) | Tanque subterrâneo de combustível | → Rede Pluvial |
| [] | Ponte de madeira | [155] Residência |
- SEM ESCALA

FIGURA 1- Localização da vila Tupi e disposição dos piezômetros construídos

HIDROGEOLOGIA LOCAL

Na área de estudo foram identificados através dos furos de sondagem sedimentos argilosos, areno-argilosos, arenosos e seixos inconsolidados, além de concreções lateríticas caracterizando coberturas aluvionares encaixadas em um vale. Foram identificados ainda em afloramentos nas margens da BR-364 sedimentos argilosos, de coloração vermelha a creme, relacionados à Formação Jaciparaná.

Coberturas Aluvionares

Compostas por sedimentos holocênicos depositados em canais fluviais, planícies de inundação e lagos. Materiais grosseiros pouco selecionados, compostos por sedimentos arenosos, siltosos e argilosos com níveis conglomeráticos por vezes lateritizados.

TRABALHOS DESENVOLVIDOS

Sondagens

Foram realizadas 10 perfurações a trado mecânico posteriormente concluídas com uma sonda de 10” de diâmetro, de onde foram coletadas amostras de sedimentos a cada metro atravessado ou quando ocorreu mudança no material para a caracterização da hidrogeologia local. Foram identificados, portanto, sedimentos argilosos com algum teor de areia, além de lajes lateríticas e camadas de areia e areia argilosa com seixos quartzosos.

As argilas identificadas são de dois tipos, a primeira possui coloração vermelha amarelada, bastante variegada e a segunda apresenta coloração cinza escura, bastante liguenta, rica em matéria orgânica com odor característico.

As camadas arenosas apresentam granulometria fina a grossa, coloração branca a creme, sendo angulosas e mal selecionadas.

As camadas de laterita possuem espessura entre 20 a 30 cm.

Os perfis litológicos dos furos encontram-se ilustrados nas figuras 2 a 4.

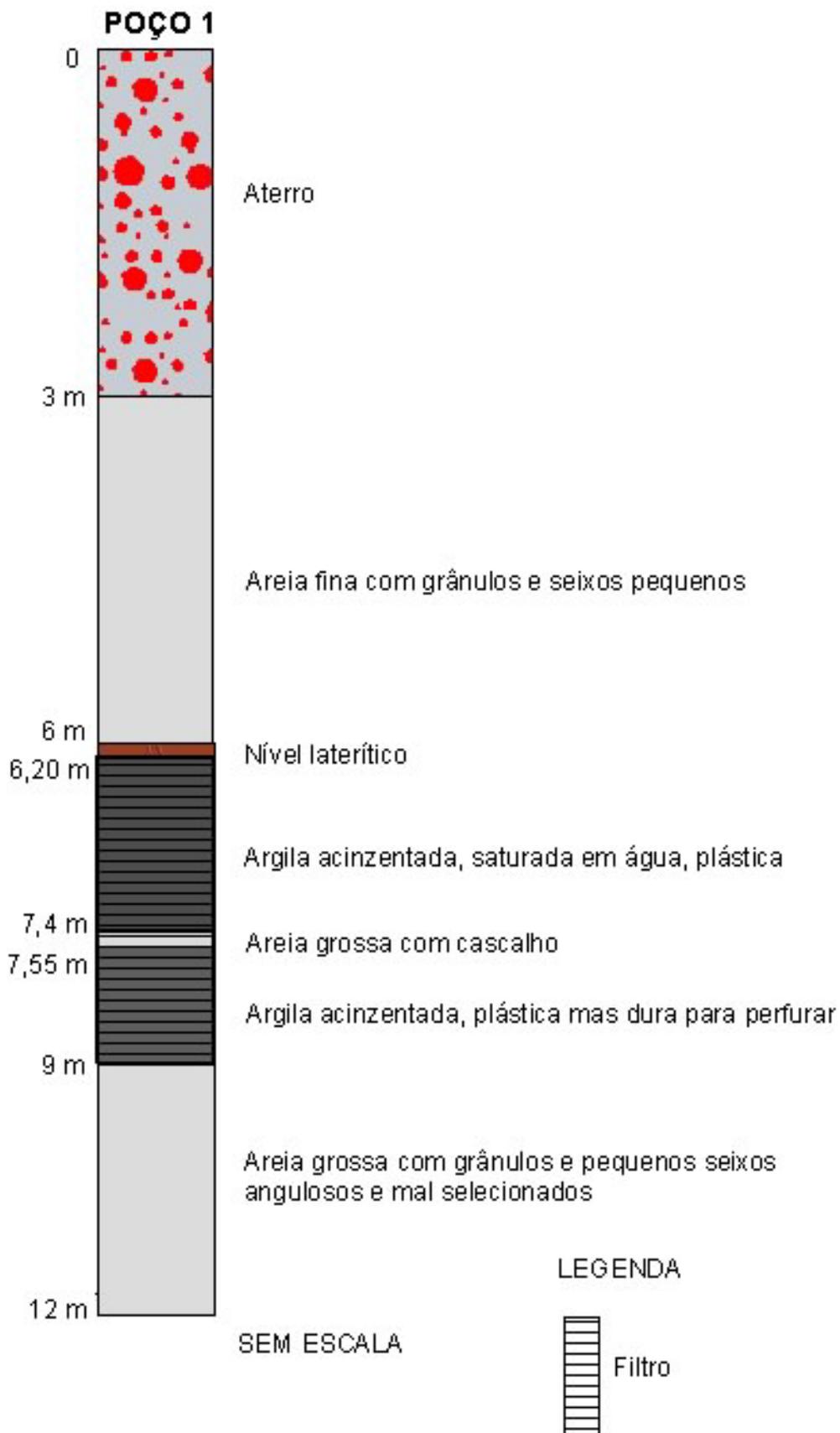


Figura 2 - Perfil litológico dos sedimentos obtidos no poço de monitoramento 01 com a posição do filtro.

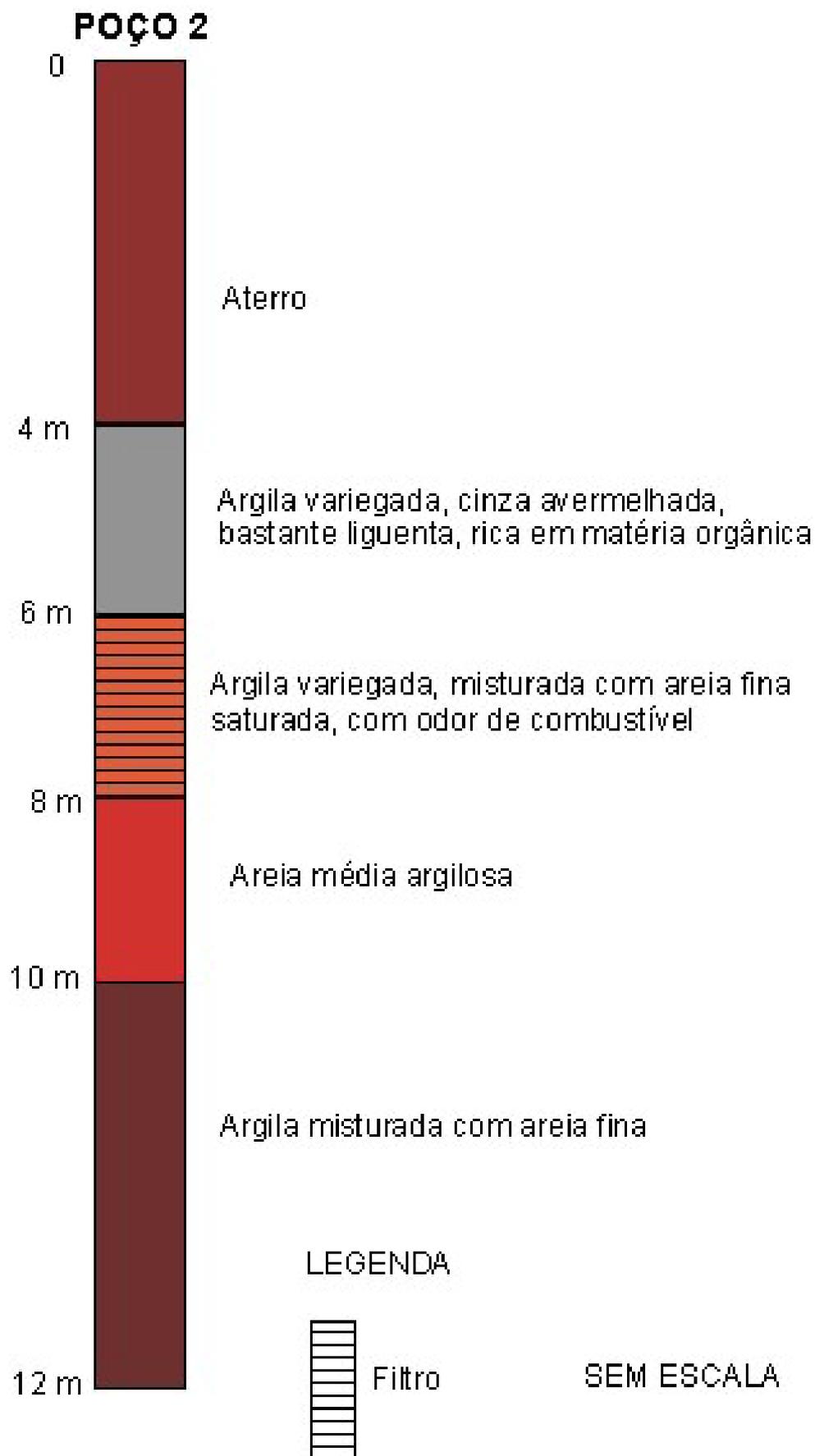


Figura 3 - Perfil litológico dos sedimentos obtidos no poço de monitoramento 02 com a posição do filtro.



Figura 4 - Perfil litológico dos sedimentos obtidos no poço de monitoramento 05 com a posição do filtro.

Condutividade Hidráulica da Zona Vadosa

Durante a realização das sondagens para instalação dos piezômetros foi observada uma alta permeabilidade dos sedimentos constituintes da zona não saturada; devido à rápida infiltração da água que alimentava a sonda. Por esse motivo foram realizados dois testes de infiltração utilizando a metodologia proposta pela ABGE (1996). Os resultados obtidos através deste método foram comparados com os valores da condutividade hidráulica de sedimentos com as mesmas características granulométricas, uma vez que, quanto maior o valor desse parâmetro, mais rápido uma carga contaminante solúvel se espalhará na zona saturada.

Os testes de infiltração foram realizados nos locais dos poços de monitoramento 02 e 03.

De acordo com o método adotado, a condutividade hidráulica é obtida através da fórmula

$$K = \frac{\Delta h}{\Delta t} \times \frac{d_1^2}{8h_0 \sqrt{d_0 L}}$$

Onde:

Δt = tempo de duração do ensaio;

Δh = Variação do nível d'água durante o ensaio;

d = diâmetro da perfuração;

L = comprimento do intervalo testado ($1 \geq L \leq 3$ m)

h_0 = distância do início do ensaio até a metade de L

Tabela 1 - Poços de monitoramento e propriedades utilizadas nos ensaios de rebaixamento (ABGE 1996).

Poço	d_0	d_1	L (cm)	Δh (cm)	Δt (seg)	h_0 (cm)
02	12,7	10,16	150	102	1980	92,5
03	12,7	10,16	150	149,1	2400	125

Tabela 2 - Valores da condutividade hidráulica obtidos através de ensaios de infiltração.

Poço	K (cm/s)	K (m/dia)
PM-02	$1,66 \times 10^{-4}$	0,1434
PM-03	$1,47 \times 10^{-4}$	0,127

De acordo com os valores obtidos para a condutividade hidráulica dos sedimentos que constituem a zona não saturada, entre 12,7 a 14,34 cm/dia, em um ponto onde a profundidade do

nível estático encontra-se a 5 metros, por exemplo, uma carga contaminante levaria cerca de 34 a 39 dias para atingir a superfície piezométrica; ou seja, um intervalo de tempo relativamente curto. No entanto, a velocidade do fluxo subterrâneo não pôde ser calculada uma vez que, não foi possível realizar um teste de bombeamento de longa duração devido a ausência de equipamento adequado.

Sentido do Fluxo Subterrâneo

O sentido do fluxo subterrâneo é um dos parâmetros mais importantes na avaliação de risco de contaminação das águas subterrâneas pois, juntamente com outras informações hidrogeológicas é indispensável no estudo da evolução de plumas de contaminação.

Esse parâmetro pode ser obtido através do potencial hidráulico (Figura 10) dos poços de monitoramento e dos poços das residências na vila Tupi. Obtido o valor do potencial hidráulico de cada poço, as linhas de fluxo devem seguir dos pontos de maior potencial para os de menor potencial. Como para o presente estudo não foi fornecida uma planta topográfica detalhada da vila Tupi foram utilizados dados topográficos referentes a uma planta em escala 1:10.000 onde foram inseridos os valores do nível estático dos poços de monitoramento, e, a partir daí, manualmente foram inferidos setas com o sentido do fluxo subterrâneo.

Essa metodologia foi utilizada para visualizar o sentido do fluxo, no entanto, é nítido que o posto de abastecimento localiza-se em uma porção intermediária topograficamente entre a BR-364 e a vila Tupi, como o sentido do fluxo se faz da BR-364 à vila Tupi, passando pelo posto (Foto 2). É óbvio que qualquer vazamento dos tanques subterrâneos levará a pluma de contaminação em direção às casas da vila Tupi, conforme corrobora o mapa da figura 10.



Foto 2 - Visão da vila Tupi obtida da BR-364 com o posto de abastecimento localizado intermediariamente.

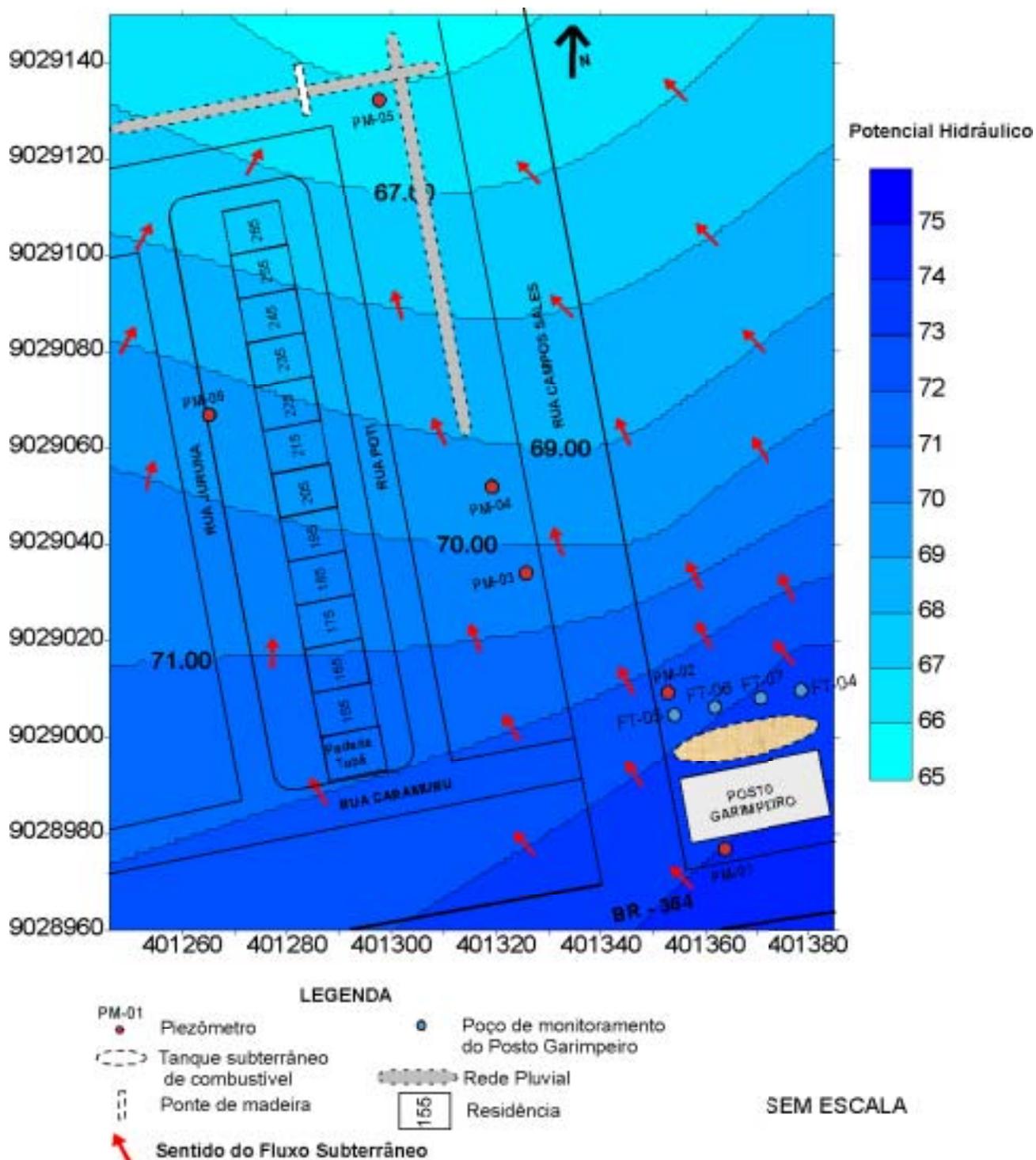


Figura 5 – Mapa de sentido do fluxo subterrâneo na vila Tupi.

Coleta de Amostras

A etapa final da avaliação da contaminação na vila Tupi consistiu na coleta de amostras de água nos piezômetros e na casa de um morador, situado na Rua Poti 265. Essa coleta foi realizada com um amostrador de água de PVC e válvula de retenção, de propriedade da CPRM, tendo sido lavado com água, detergente e acetona após cada coleta. Os dados referentes aos parâmetros físicos

investigados durante a coleta como temperatura, pH e condutividade elétrica da água; temperatura do ar e profundidade do nível estático encontram-se na tabela 3.

Tabela 3- Parâmetros físicos obtidos nas amostras de água subterrânea dos poços de monitoramento da vila Tupi.

Poço de Monitoramento	Toponímia	Temp. do ar (°C)	Temp. da água (°C)	Chuva nas últimas 24h?	Aspecto da água	pH	C.E. (µS/cm)	N.E. (m)	OBS
PM-01	Montante do posto	27,4	28,1	Sim	limpo	12.67	670	2.9	Odor de cimento
PM-02	Diante dos poços do posto	29.9	28.9	Sim	turvo	5.72	240	4.85	Odor de combustível
PM-03	Gramado ao lado da C. Sales	33	29.6	Sim	limpo	5.25	95.4	5.33	Odor de combustível
PM-04	Em frente a casa 195	33.7	30.6	Sim	limpo	4.54	41.8	4.32	Odor não perceptível
PM-05	Curva no final da rua Poti	31.8	27.8	Sim	limpo	4.45	62	2.8	Odor não perceptível
PM-06	Rua Juruna	32.4	27.8	Sim	limpo	4.60	46.4	6.2	Odor não perceptível
Residência	Rua Poti 265	33.1	27.5	Sim	limpo	4.41	96	3.8	Odor de combustível

Devido ao caráter extremamente básico do pH da amostra coletada no piezômetro 01 e do odor característico de cimento decidiu-se descartar os dados provenientes desse poço, uma vez que, a qualidade de sua água deve ter sido comprometida durante o processo de cimentação do poço, devido a uma provável percolação de cimento através de seu filtro.

Conforme descrito na tabela 3, os poços de monitoramento 02, 03 e da residência 265 na rua Poti apresentaram forte odor de combustível, enquanto que, nos demais não foi verificada essa característica, o que fortalece as evidências de contaminação por hidrocarbonetos.

Análise Química da Água

As análises químicas das amostras de água para detecção de hidrocarbonetos foram realizadas através do método de Partição Gravimétrica, modificado por Macedo do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* no Laboratório de Biogeoquímica Ambiental da Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR. Conforme pode se observar na tabela 4, todas as

amostras de água, inclusive as que não apresentaram odor característico de combustível durante a coleta encontram-se contaminadas por óleos e graxas e por consequência, hidrocarbonetos.

Tabela 4- Determinação de óleos e graxas / hidrocarbonetos através do método de Partição Gravimétrica.

Amostra	Poço	Volume (mL)	Óleos e graxas (mg/L)	Hidrocarbonetos (mg/L)	Observações
AM 01	01	1050	193	95	Odor característico/alta quantidade de sedimento
AM 02	02	940	104	46	Odor característico
AM 03	03	970	88	38	Odor característico
AM 04	04	840	63	14	-
AM 05	05	1050	65	41	-
AM 06	06	650	80	32	-
Rua Poti 265	Cacimba	990	53	23	Odor característico

De acordo com as figuras 6 e 7, as concentrações de óleos e graxas localizam-se principalmente na área das residências da vila Tupi, onde os teores apresentam-se mais elevados.

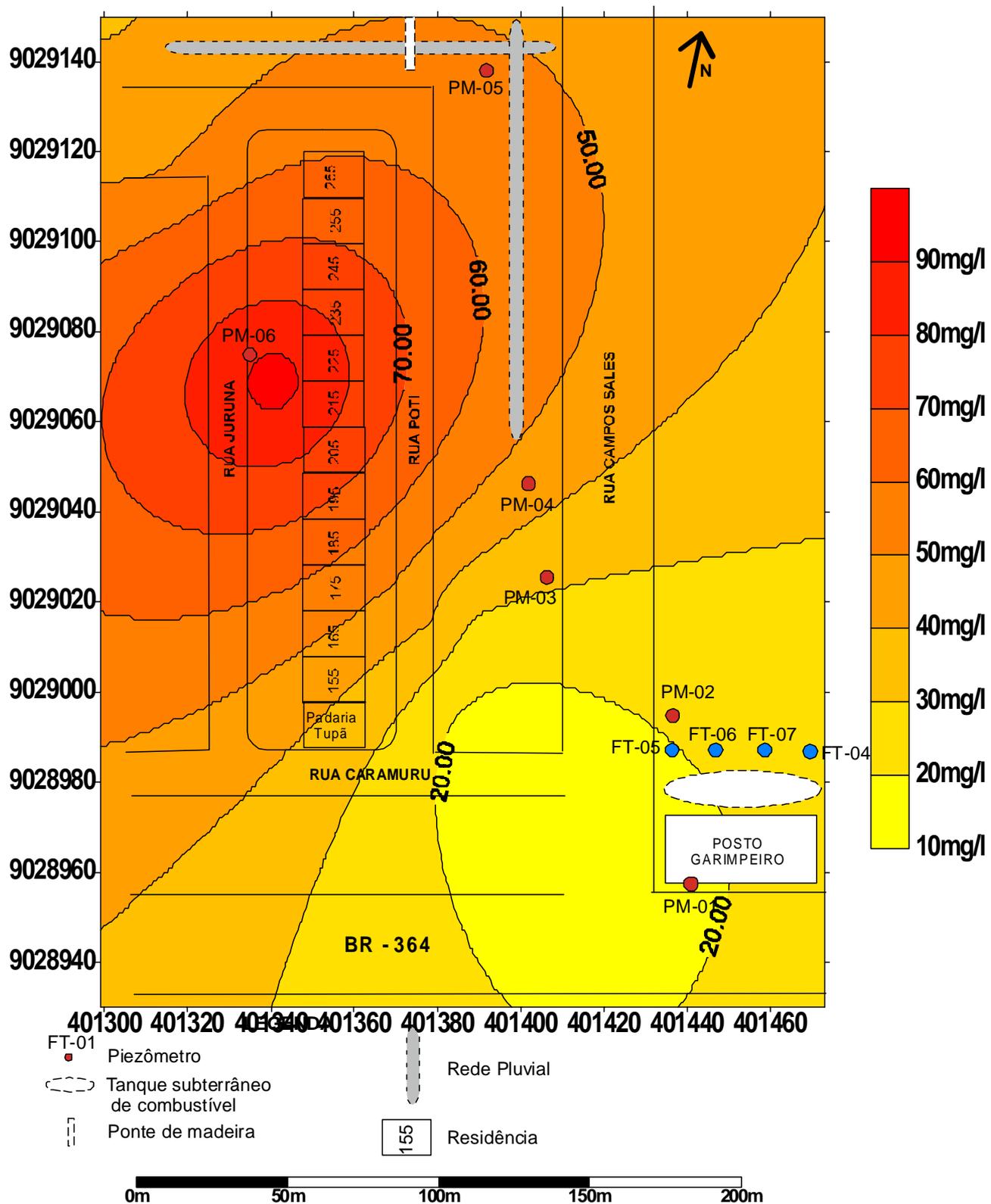


Figura 6 - Mapa de isoconcentrações de hidrocarbonetos na área investigada.

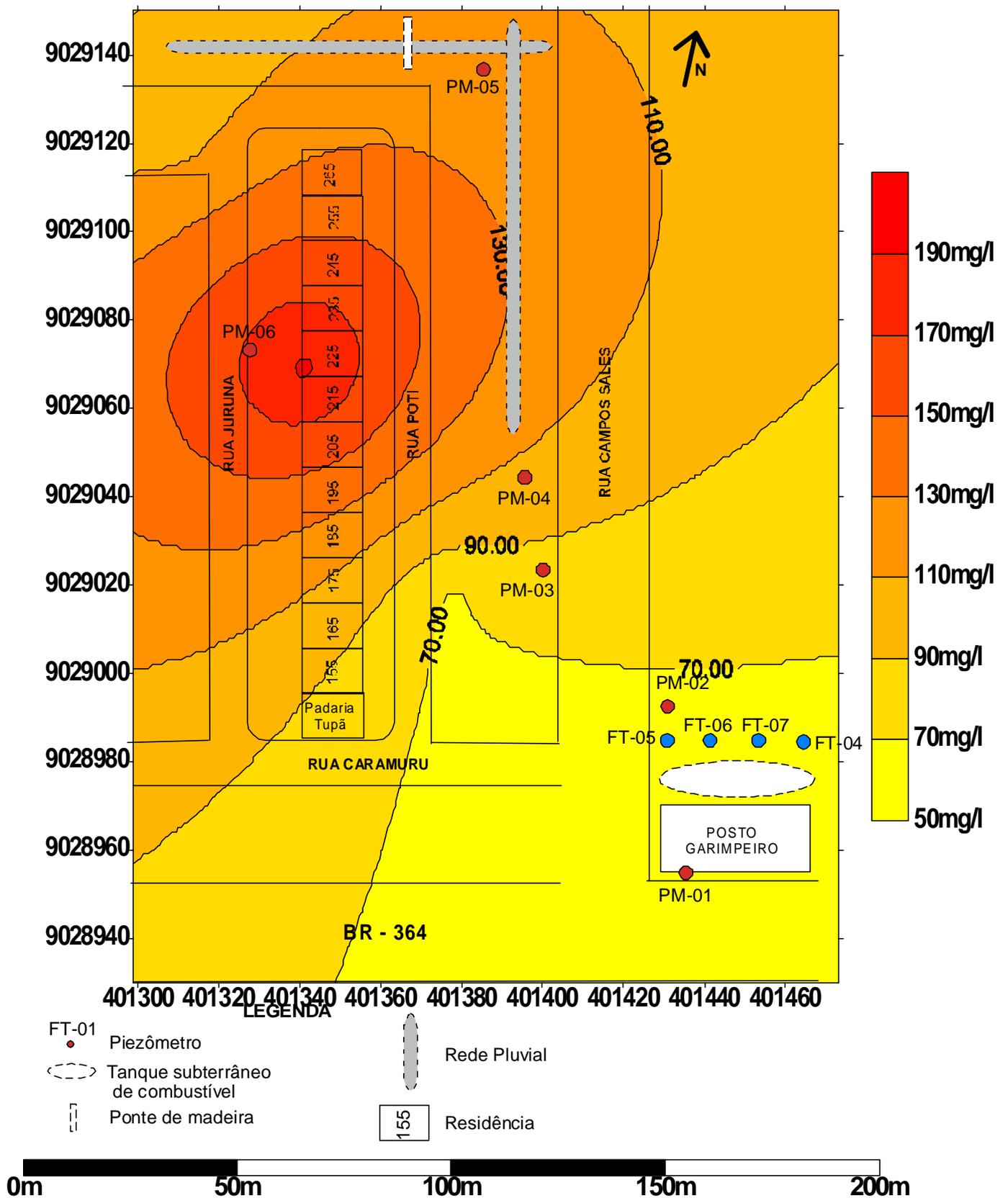


Figura 7- Mapa de isoconcentrações de óleos e graxas na área investigada.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De acordo com o que foi observado durante a avaliação da contaminação por hidrocarbonetos na vila Tupi, foi possível concluir que:

- 1) Os sedimentos constituintes das zonas saturada e não saturada são compostos por argila arenosa, argila, lajes lateríticas, areia e areia argilosa com seixos quartzosos.
- 2) Os testes de infiltração realizados para obter os valores da condutividade hidráulica dos sedimentos da zona não saturada, através da metodologia proposta pela ABGE (1996) apresentaram valores de 0,1434 m/dia no PM-02 e 0,127 m/dia no PM-03. Valores esses considerados elevados, quando comparados a outras áreas.
- 3) O sentido do fluxo subterrâneo se dá de SE para NW, ou seja, da BR-364 em direção a vila Tupi. Como o posto Garimpeiro é topograficamente intermediário a ambos, o fluxo que passa pelo posto, ao atingir a pluma de contaminação gerada pelo combustível segue em direção aos poços das residências da vila Tupi, conforme ilustra a figura 5.
- 4) Como o posto Garimpeiro é a única fonte potencial de contaminação na área investigada e as amostras de água coletadas nos poços de monitoramento próximos (3 m) e distantes dos tanques armazenadores subterrâneos de combustível (TASC) apresentaram elevados teores de óleos e graxas, além de hidrocarboneto, pode-se concluir que, a fonte de contaminação das águas subterrâneas são os TASC do posto Garimpeiro. Foi apresentado pelo proprietário do posto um laudo técnico de estanqueidade com data de fevereiro de 2004, assinado por profissional habilitado o qual afirma que os TASC não apresentam vazamento. No entanto, estes tanques foram trocados entre dezembro de 2002 e janeiro de 2003 segundo informações do proprietário. Além do mais, os tanques antigos apresentavam cerca de 15 anos de utilização, o que provavelmente comprometeu sua integridade física; logo, o vazamento que originou a contaminação das águas subterrâneas se deu antes ou durante a troca dos TASC's. Esses tanques antigos deveriam ser fiscalizados pelo órgão ambiental responsável após sua mudança, fato este não ocorrido, logo, não se sabe ao certo o estado em que os mesmos se encontravam, mas, devido ao seu longo tempo de uso e à troca pode-se constatar que estes foram os responsáveis pelo vazamento.
- 5) No poço de monitoramento 01, que se encontra acima do posto garimpeiro também foi identificada a presença de hidrocarboneto através da análise química, isso denota a extensão da pluma de contaminação. Como a gasolina sofre um processo de dispersão, após o vazamento, este foi ampliado devido à existência de uma cacimba e de uma caixa de decantação de óleo nas proximidades do PM-01, que devido ao bombeamento ao longo dos meses atraiu a pluma na direção indicada.

6) Como medida de remediação para solos contaminados por hidrocarboneto as providências comumente utilizadas são escavação e incineração. No caso de aquíferos faz-se necessário o bombeamento seguido de um tratamento, sendo estes métodos caros e muitas vezes desnecessários. A alternativa, aparentemente, mais viável no caso em questão seria a utilização da atenuação natural, a biodegradação, mais especificamente; processo este que pode, dependendo das condições hidrogeológicas do local, limitar e reduzir consideravelmente a extensão da contaminação subsuperficial. O processo de biodegradação dos compostos de hidrocarboneto envolve reações de oxidação e redução através de microorganismos transformando-os em dióxido de carbono (Cabral, 2004). Evidentemente que este é um processo longo, no entanto, parece ser a alternativa mais viável, uma vez que é impossível remover-se o solo do local para incineração pois este se encontra abaixo das vias e casas; e, para o bombeamento excessivo do aquífero livre seria necessária a construção de uma bateria de poços e a água bombeada destes deveria ser filtrada em grandes reservatórios para posterior injeção em subsuperfície. Esta operação evidentemente denota tempo, equipe técnica qualificada a qual não existe em nossa região e elevados recursos financeiros; logo, parece ser inviável.

7) A solução mais imediata para a obtenção de água com qualidade para os moradores da vila Tupi será a construção de poços tubulares profundos (40 a 50 m) devidamente selados em sua porção superior (10 a 15 m) por uma empresa qualificada que possua geólogo responsável pela obra, a fim de evitar a contaminação dos lençóis inferiores, na tentativa de minimizar o sofrimento da população local.

8) Vale ressaltar que, os compostos orgânicos dos hidrocarbonetos como benzeno, tolueno, etil-benzeno e xileno são altamente tóxicos e prejudiciais para a saúde humana, destacando-se o benzeno, substância reconhecidamente cancerígena. Logo, o caso em questão é da maior gravidade, uma vez que, por mais que os moradores da vila Tupi não utilizem a água contaminada para consumo, esta vem sendo utilizada para limpeza geral, lavagem de roupa entre outros, caracterizando um contato físico entre as pessoas e essas substâncias tóxicas. Esse processo, com o passar dos anos, pode reverter para um quadro de alta incidência de doenças graves na região investigada; cabendo portanto às autoridades responsáveis tomar as atitudes preventivas cabíveis em lei, a fim de evitar que a população atingida sofra mais ainda com o crime ambiental ocorrido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA (ABGE). 1996. *Ensaio de permeabilidade em solos*. Boletim 04. 226p.
- [2] CABRAL, N.M.T. 2004. *Impacto da urbanização na qualidade das águas subterrâneas nos bairros do Reduto, Nazaré e Umarizal – Belém/PA*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Pará. 218p.
- [3] COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTO DE RONDÔNIA - CAERD. 1997. *Diagnóstico dos serviços de saneamento básico do Estado de Rondônia*. Porto Velho.
- [4] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, Censo Demográfico 2000 - Malha Municipal Digital do Brasil 1997.
- [5] ISOTTA, C. A. L. *et al.* *Projeto Província Estanífera de Rondônia*. Relatório Final. Porto Velho, DNPM-CPRM, 1978. 16 v. il.
- [6] FETTER, C.W. 1988. *Applied Hydrogeology*. 2ed. Macmillan Publishing Company. New York. 592p.
- [7] UHLY, S. & SOUZA, E.L. 2004. *A questão da água na grande Belém*. Casa de Estudos Germânicos, Fundação Heinrich Böll. Belém - PA, 247p.